

Postoperative Belastungsuntersuchungen  
bei Kindern und Jugendlichen  
mit valvulärer Pulmonalstenose

vorgelegt von

Bernd Kaltwasser aus Muenchen

— 1978 —



Aus der Klinik für Herz- und Kreislauferkrankungen  
im Kindesalter am Deutschen Herzzentrum München  
Direktor: Professor Dr. med K. Bühlmeyer

POSTOPERATIVE BELASTUNGSUNTERSUCHUNGEN BEI KINDERN  
UND JUGENDLICHEN MIT VALVULÄRER PULMONALSTENOSE

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin  
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von  
Bernd Kaltwasser

aus  
München

1978

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin  
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr.med. R. Mocellin

Mitberichterstatter: Prof. Dr. med. K. Betke

Dekan: Prof. Dr. med. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung:

4.12.78



---

|   |                                                                                     |    |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A | Einleitung                                                                          | 1  |
|   | a) Der natürliche Verlauf bei angeborener<br>valvulärer Pulmonalstenose             | 1  |
|   | b) Operatives Vorgehen                                                              | 3  |
|   | c) Operationsindikation und Operations-<br>ergebnisse nach Angaben in der Literatur | 4  |
| B | Untersuchungsgut und Methodik                                                       | 6  |
| C | Ergebnisse                                                                          | 12 |
|   | a) Maximale Sauerstoffaufnahme                                                      | 12 |
|   | b) Druckwerte                                                                       | 13 |
|   | c) Schlagvolumina                                                                   | 13 |
|   | d) Pulmonalklappenwiderstand                                                        | 14 |
|   | e) Angiocardiographien                                                              | 15 |
| D | Diskussion                                                                          | 17 |
| E | Zusammenfassung                                                                     | 21 |
| F | Tabellen                                                                            | 22 |
| G | Abbildungen                                                                         | 39 |
| H | Literaturverzeichnis                                                                | 46 |
| I | Lebenslauf                                                                          | 50 |



## A. Einleitung

### a) Der natürliche Verlauf bei angeborener valvulärer Pulmonalstenose

Die Beurteilung des natürlichen Verlaufs bei angeborener valvulärer Pulmonalstenose ist dadurch erschwert, daß länger dauernde Beobachtungen aus der Zeit vor der Einführung operativer Verfahren in die Behandlung dieser Erkrankung nicht vorliegen. Es ist aber bekannt, daß es bei höhergradiger Pulmonalstenose allmählich zu fibrotischen Veränderungen der rechtsventrikulären Muskulatur kommt (16, 1, 2), so daß in diesen Fällen eine Operation ohne Einschränkung indiziert ist. Dadurch läßt sich erklären, daß Untersuchungen des natürlichen Verlaufs bei valvulärer Pulmonalstenose im allgemeinen nur leicht- und mittelgradige Formen betreffen, wobei als mittelgradig eine Stenose bezeichnet wird, die zu einem rechtsventrikulären Druck von 80 bis 120 mmHg geführt hat. Es besteht Übereinstimmung darin, daß bei einer leichten Einengung die Prognose im allgemeinen gut ist (9, 36, 37), wenn auch, besonders bei Säuglingen und Kleinkindern (23), vereinzelt aber auch in anderen Altersstufen (27, 6, 7, 25), progrediente Verläufe beschrieben sind. Bei mittelgradiger und höhergradiger Pulmonalstenose wurde eine Progredienz der klinischen Symptomatik und eine erheblich höhere Letalität übereinstimmend beobachtet (33, 4).

Die Progredienz bei höhergradigen Formen der Stenose ist, zumindest nach dem Kleinkindalter, nicht dadurch zu erklären, daß die Klappenöffnungsfläche mit dem Wachstum nicht schritthält. Diese Ansicht konnte vielmehr von Moller und

Adams (25) durch eingehende Längsschnittuntersuchungen widerlegt werden. Neben einer Myocardfibrose kommt nach diesen Autoren als Ursache für eine Verschlechterung des klinischen Zustandes der Patienten die Entwicklung einer infundibulären Stenose (14) und eine durch die hochgradige Hypertrophie bedingte Verminderung der Compliance des rechten Ventrikels in Frage, die zu einem Abfall des Schlagvolumens in Ruhe und bei Belastung führen können (26).

Der günstigen Prognose bei leichten Fällen der Pulmonalstenose entspricht, daß die kardiovaskuläre Leistungsfähigkeit dabei nur gering oder überhaupt nicht eingeschränkt ist. So berichtet Wood (38), daß "Patienten" mit valvulärer Pulmonalstenose Hochleistungsport betrieben. Der Anstieg des Herzminutenvolumens bei Belastung ist dementsprechend in diesen Fällen weitgehend normal (12, 13). Auch nach Operation einer valvulären Pulmonalstenose bleibt häufig noch eine leichte Reststenose bestehen, die nicht selten mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Pulmonalinsuffizienz gepaart ist. Es erhebt sich die Frage, inwieweit die Funktion des Herz-Kreislaufsystems in diesen Fällen beeinträchtigt ist. Die hierzu vorliegenden Ergebnisse (8, 15, 16, 31) sind teilweise widersprüchlich und gehen nur von submaximalen Belastungen aus. Wir haben uns bei unseren Patienten postoperativ zu Untersuchungen entschlossen, die auch die Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme einschließen, um uns zum einen ein Bild vom gegenwärtigen Funktionszustand ihres Herz-Kreislaufsystems machen zu können, zum anderen aber auch, um einen besseren Ansatz zur Beurteilung des weiteren Verlaufs bei diesen Patienten zu haben.

## b) Operatives Vorgehen

1948 führten Brock (3) und Sellors (29) etwa zur gleichen Zeit eine Operation durch, die in der transventrikulären Sprengung der Pulmonalklappe mit Hilfe eines Valvulotoms bestand. Dieses Vorgehen wird als Brock'sche Operation bezeichnet. Entsprechend dem Vorschlag von Brock wird dabei nach Incision der Wand des rechten Ventrikels die Klappe zuerst mit Hilfe eines scharfen Valvulotoms gespalten, das durch das Ostium der Pulmonalklappe vorgeschoben wird. Anschließend wird sie mit dem Brock'schen Dilatator gesprengt. Nach Klinner (17) verzichtet man besser auf das Einschneiden der Klappe, weil dadurch die Gefahr von Verletzungen besteht.

Die Brock'sche Operation wird bevorzugt dann angewandt, wenn die Pulmonalarterie relativ eng ist bzw. keine poststenotische Dilatation aufweist. Der Nachteil dieses Vorgehens besteht in der Perforationsgefahr und der Möglichkeit einer unkontrollierten Klappenschädigung.

Im allgemeinen wird heute bei isolierter valvulärer Pulmonalstenose das transpulmonale Vorgehen bevorzugt. Dabei wird die Pulmonalarterie nach Abklemmen der beiden Hohlvenen, d.h. nach Drosselung der Blutzufuhr zum Herzen, eröffnet, so daß eine scharfe Spaltung der Klappenkommissuren unter Sicht möglich ist. Die Operation wurde anfänglich in Hypothermie durchgeführt, sie wird aber gegenwärtig wegen der Kürze des Eingriffs, der im allgemeinen zwei bis drei Minuten nicht überschreitet, in der Regel in Normothermie durchgeführt. Bei schwierigen anatomischen Verhältnissen ist es allerdings manchmal notwendig, die Operation mit Hilfe der extrakorporalen Zirkulation (Herz-Lungenmaschine) durchzuführen.

c) Operationsindikation und Operationsergebnisse nach Angaben in der Literatur

Nach übereinstimmenden Angaben in der Literatur richtet sich die Operationsindikation nach der Höhe des rechtsventrikulären systolischen Drucks bzw. nach dem systolischen Druckgradienten zwischen rechtem Ventrikel und A. pulmonalis (4, 28, 35, 27). Dabei zeigen sich jedoch nicht unerhebliche Unterschiede bezüglich der Druckwerte, die als Grenzwerte für die Operationsindikation zugrunde gelegt werden. So empfiehlt z.B. Campbell (4), der aufgrund eigener Beobachtungen den natürlichen Verlauf auch bei leichten Formen von valvulärer Pulmonalstenose sehr pessimistisch beurteilt, ein operatives Vorgehen ab einem Gradienten von 40 mmHg zwischen rechtem Ventrikel und Pulmonalarterie. Dagegen halten z.B. Motsch et al. (28) eine absolute Operationsindikation erst ab einem rechtsventrikulären systolischen Druck von 100 mmHg für gegeben, während sie bei Drucken von 60 bis 100 mmHg die Operation vom klinischen Bild des Patienten abhängig machen. Im allgemeinen schwanken die Angaben über diejenige Höhe des rechtsventrikulären Drucks, die als Grenzwert für ein operatives Eingreifen gelten soll, zwischen 60 und 100 mmHg (35, 27).

Die Letalität der Operation liegt nach verschiedenen Angaben zwischen 1 und 5 % (11, 32). Der Druckabfall im rechten Ventrikel ist in vielen Fällen schon nach etwa ein bis zwei Monaten festzustellen (19), verläuft dagegen auch nicht selten protrahiert, vor allen Dingen dann, wenn es sekundär zu einer ausgeprägten Hypertrophie des rechtsventrikulären Infundibulums gekommen war. In diesen Fällen kann sich der postoperative Druckabfall bis zu einem Jahr und in einigen Fällen sogar länger

erstrecken. Häufig bleibt auch nach Operation einer valvulären Pulmonalstenose eine leichte Reststenose bestehen, die in etwa 70 % der Fälle mit einer mehr oder weniger ausgeprägten Pulmonalinsuffizienz gepaart ist (8, 15, 16, 31, 19). Das funktionelle Ergebnis wird unter Berücksichtigung der rechtsventrikulären Druckverhältnisse bei Belastung sowie des Verhaltens des Schlagvolumens in Ruhe und bei Belastung bei Kindern und Jugendlichen als gut bis sehr gut bezeichnet (Stone et al., Finnigan et al.), während bei Erwachsenen die postoperativen Ergebnisse als nicht so günstig beschrieben werden. (Johnson und Lee). Diese Autoren stellten in ihren Untersuchungen besonders fest, daß das Herzminutenvolumen bei erwachsenen Patienten nach Operation einer valvulären Pulmonalstenose häufig nicht der Belastung entsprechend gesteigert werden kann. Dies ließ sich zum Teil darauf zurückführen, daß noch beträchtliche Restgradienten zwischen dem rechten Ventrikel und der Pulmonalarterie bestanden. Darüber hinaus muß jedoch vermutet werden, daß neben der Hypertrophie des rechten Ventrikels für die Verminderung der Compliance, die dem verminderten Schlagvolumen zugrundelag, in Anbetracht des Alters der betreffenden Patienten fibrotische Veränderungen des Myokards ursächliche Bedeutung hatten.

### B. Untersuchungsgut und Methodik

In unsere Untersuchungen wurden 32 Kinder im Alter von 1,25 bis 14 Jahren (mittleres Alter 5,28 Jahre) einbezogen, deren Operation 1 bis 11,75 Jahre zurücklag. Über Alter, Körperlänge und Körpergewicht unserer Patienten zum Zeitpunkt der Untersuchung unterrichtet Tabelle I. Der Vergleich der Körpermeßdaten mit Normalwerten zeigt, daß die körperliche Entwicklung im Durchschnitt dem Lebensalter entsprach.

Bei allen Kindern war vor der Operation die aufgrund der klinischen Befunde gestellte Verdachtsdiagnose durch eine Herzkatheteruntersuchung bestätigt worden. Bei zwei Patienten fand sich dabei zusätzlich ein Rechts-Links-Shunt auf Vorhofebene (Patient 3, 26). In neun Fällen (Patient 3, 7, 11, 16, 21, 22, 23, 28, 29) war angiographisch zusätzlich eine höhergradige Einengung im Bereich des Infundibulums erkennbar. Bei einem Patienten (Patient 7) stand die infundibuläre Stenose im Vordergrund und hatte sich im Lauf von fünf Jahren entwickelt, so daß schließlich ein Druck von 120 mmHg im rechten Ventrikel bestand. Entsprechend den präoperativen Druckmessungen ließen sich die Patienten in folgende fünf Gruppen einteilen:

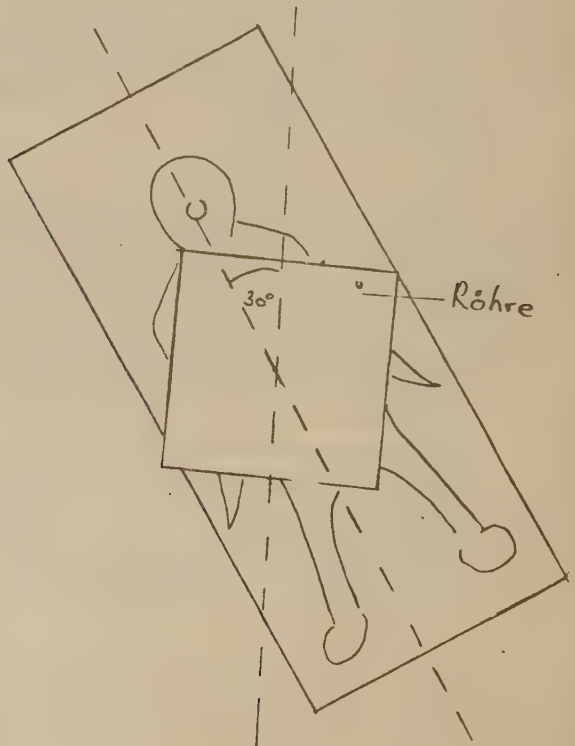
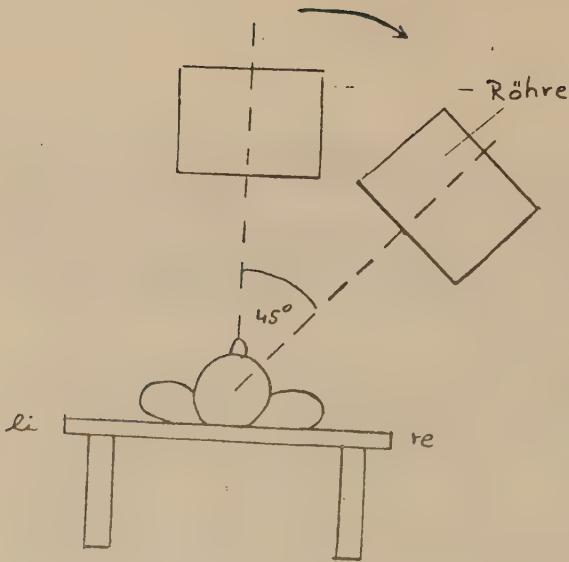
| 1. Gruppe    | 2. Gruppe         | 3. Gruppe          | 4. Gruppe           | 5. Gruppe  |
|--------------|-------------------|--------------------|---------------------|------------|
| $RV \leq 60$ | $60 < RV \leq 90$ | $90 < RV \leq 120$ | $120 < RV \leq 150$ | $RV > 150$ |
| 2            | 6                 | 6                  | 8                   | 10         |

Bei sieben Kindern wurde eine Brock'sche Sprengung, bei 23 Kindern eine transarterielle Kommissurotomie der Pulmonalklappe durchgeführt. Diese erfolgte in 21 Fällen

bei Hohlvenendrosselung (inflow occlusion), in einem Fall bei extrakorporaler Zirkulation. In einem Fall lag kein Operationsbericht vor, bei zwei Kindern ließ sich nicht mehr ermitteln, ob eine Brock'sche Sprengung oder eine Kommissurotomie der Pulmonalklappe durchgeführt worden war.

Bei allen Kindern war postoperativ als Hinweis auf eine Reststenose noch ein systolisches Geräusch Grad II bis III über der Herzbasis links parasternal zu hören. Außerdem sprach der Auskultationsbefund bei 16 Patienten für eine Pulmonalinsuffizienz unterschiedlichen Ausmaßes. Bei 15 Kindern waren im EKG noch geringe bis deutliche Zeichen einer rechtsventrikulären Hypertrophie zu erkennen. Eine Herzvergrößerung im Röntgenbild, wohl die Folge einer stärker ausgeprägten Pulmonalinsuffizienz, bestand in 3 Fällen.

Die Untersuchungen, über die hier berichtet werden soll, wurden im Rahmen einer ambulanten Kontrolluntersuchung im Anschluß an die routinemäßig erfolgende klinische Untersuchung durchgeführt. Dabei wurde zunächst von der V. basilica des rechten oder linken Armes aus eine Rechtsherzsondierung durchgeführt, bei der in Ruhe die Druckwerte in der A. pulmonalis und im rechten Ventrikel registriert wurden. Außerdem wurde eine Angiokardiographie in den rechten Ventrikel in einem von rechts oben vorn nach links unten hinten gerichteten Strahlengang durchgeführt, der durch Drehen des Bildverstärkers um 45 Grad nach rechts und des Untersuchungstisches um 30 Grad nach links eingestellt wurde (siehe Zeichnung).



Anschließend wurde der Katheter erneut in die Pulmonalarterie vorgeschoben und percutan eine Plastikkanüle in eine A. brachialis eingelegt. Sowohl der Katheter als auch die Kanüle wurden mit einem Pumpensystem verbunden, mit dessen Hilfe nach Abziehen des Totraumes gleichzeitig zentralvenöses und arterielles Blut zur Bestimmung der arteriovenösen Sauerstoffdifferenz gesammelt wurde. Außerdem wurde über einen Dreiwegehahn arterielles Blut für die enzymatische Laktatbestimmung im Blut entnommen.

Die Ausatemungsluft wurde in Ruhe über fünf Minuten, bei submaximaler Belastung über ungefähr zwei Minuten und bei maximaler Belastung über ein bis eineinhalb Minuten in einem Douglassack gesammelt. Das Volumen der Ausatemungsluft wurde mit Hilfe eines Tissot-Spirometers bestimmt. Die Atemgasanalyse erfolgte für  $\text{CO}_2$  auf paramagnetischer Basis. Aus diesen Werten wurde jeweils die Sauerstoffaufnahme errechnet. Simultan zu den Messungen der Sauerstoffaufnahme wurden in Ruhe und während submaximaler Belastung Blutproben zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes (30) im arteriellen und zentralvenösen Blut entnommen, so daß das Herzminutenvolumen nach dem Fick'schen Prinzip bestimmt werden konnte. Im Anschluß an die Entnahme der Blutproben während submaximaler Belastung wurde der Katheter bei gleichzeitiger Druckregistrierung aus der Pulmonalarterie in den rechten Vorhof zurückgezogen. Das EKG wurde telemetrisch auf ein Oszilloskop übertragen. Aus einem mitgeschriebenen EKG-Streifen wurde die Herzfrequenz in Ruhe und gegen Ende der submaximalen sowie der maximalen Belastung bestimmt. Der Widerstand der Pulmonalklappe wurde entsprechend den Vorschlägen von Moller und Adams (24) errechnet.

Die Messungen wurden während Ruhe im Liegen und bei Belastung im Sitzen durchgeführt. Die Belastung erfolgte in zwei ununterbrochenen Stufen auf einem drehzahlunabhängigen Fahrradergometer. Die erste Belastungsstufe lag für alle untersuchten Personen bei etwa 1,5 Watt pro kg Körpergewicht. Die zweite Belastungsstufe wurde so gewählt, daß die Probanden ihre maximale Sauerstoffaufnahme erreichten, wobei uns als Kriterien ein deutlicher Anstieg der Atemfrequenz und vertiefte Atemexkursionen sowie eine hohe Herzfrequenz dienten. Nach Abschluß der Untersuchung wurde überprüft, ob auf der letzten Belastungsstufe ein "levelling off" der  $O_2$ -Aufnahme eingetreten war. War dies nicht der Fall gewesen, so wurde die maximale  $O_2$ -Aufnahme doch als erreicht angesehen, wenn der respiratorische Quotient auf der letzten Belastungsstufe einen Wert von 1 oder mehr erreicht hatte und wenn das Atemäquivalent für Sauerstoff auf der letzten Belastungsstufe deutlich angestiegen war. Ein weiteres Kriterium des Erreichens der maximalen  $O_2$ -Aufnahme waren die Blutlaktatwerte etwa eine halbe Minute nach Beendigung der Belastung. Die submaximale Belastung dauerte etwa sieben Minuten, wobei die Messungen in den ersten zwei bis drei Minuten durchgeführt wurden. Die Maximalbelastung dauerte etwa vier bis fünf Minuten, die Sauerstoffaufnahme und die Herzfrequenz wurden dabei in den letzten eineinhalb Minuten bestimmt.

Die Sauerstoffaufnahme wurde aus der Ausatemungsluft  $\dot{V}_{E\text{STPD}}$  und der mit den entsprechenden Potentiometern bestimmten Konzentration der Ausatemungsluft für  $O_2$  und  $CO_2$  nach folgender Formel bestimmt:

$$\dot{V}_{O_2} \left[ \frac{1}{\text{min}} \right] = \text{true } O_2 \cdot \dot{V}_E \left[ \frac{1}{\text{min}} \right]$$

wobei

$$\text{true } O_2 = [100 - (C_{E_{O_2}} + C_{E_{CO_2}})] \cdot 0,265 - C_{E_{O_2}}$$

$C_{E_{O_2}}$  ist darin die Konzentration von Sauerstoff und  
 $C_{E_{CO_2}}$  diejenige von Kohlendioxyd in der Ausatemungsluft

$\dot{V}_E$  = Ventilation, gemessen mit einem Tissot-Spirometer, dann  
 mit STPD-Faktor multipliziert.

Das Herzminutenvolumen wurde nach der Formel

$$\dot{Q}_s (l/min) = \frac{\dot{V}_{O_2} (l/min) \cdot 100}{AVD_{O_2} (ml/100 ml)}$$

bestimmt.

Das Schlagvolumen wurde nach der Formel

$$SV(ml) = \frac{\dot{Q}_s (l/min) \cdot 1000}{HF (min^{-1})}$$

bestimmt.

Sowohl die maximale Sauerstoffaufnahme als auch das Schlagvolumen bei submaximaler Belastung wurden jeweils mit entsprechenden Normwerten (20, 21) verglichen und als Prozent der nach der Körperlänge zu erwartenden Werte der Probanden angegeben.

### C. Ergebnisse

Die Tabellen II bis IV geben eine Übersicht über die ermittelten Einzelwerte. Darin bedeuten:

RV = Druck im rechten Ventrikel;  $RV_{\text{end}}$  = enddiastolischer Druck im rechten Ventrikel; PT = Druck in der A. pulmonalis; Grad = systolischer Spitzengradient zwischen rechtem Ventrikel und A. pulmonalis; zz = zweizipfelig; dz = dreizipfelig; HK = Herzkatheter; RL = Ruhe-Liegen; RS = Ruhe-Sitzen; I = erste Belastungsstufe; II = zweite Belastungsstufe;  $SV/KL^3$  = Schlagvolumen pro Körperlänge<sup>3</sup>; C.I. = Carciac Index;  $\dot{Q}$  = Minutenvolumen;  $\dot{V}_{O_2}$  = Sauerstoffaufnahme;  $\max V_{O_2}$  = maximale Sauerstoffaufnahme; %AN = Prozent der Altersnorm; %LN = Prozent der Längennorm.

#### a) Maximale Sauerstoffaufnahme

Die absoluten Werte der maximalen Sauerstoffaufnahme wurden in Prozent der nach dem Alter bzw. der Körperlänge der untersuchten Personen zu erwartenden Werte berechnet. Die maximale Sauerstoffaufnahme betrug unter Berücksichtigung des Alterssolls im Mittel 86, 5 Prozent, unter Berücksichtigung des Längensolls im Durchschnitt 83,3 Prozent. In Abbildung I sind die Einzelwerte der maximalen Sauerstoffaufnahme, berechnet in Prozent der Altersnorm, für die einzelnen Patienten aufgetragen. Dabei zeigt sich, daß nur vier Kinder überdurchschnittliche Werte erreichten. Die Werte der übrigen Kinder lagen zwischen 60 und 100 Prozent des nach dem Lebensalter zu erwartenden Wertes.

## b) Druckwerte

Die Abbildungen II, III, IV und V zeigen das Verhalten des rechtsventrikulären Drucks, des Drucks in der A. pulmonalis und des Druckgradienten zwischen rechtem Ventrikel und A. pulmonalis für die präoperative Untersuchung, für die postoperative Untersuchung in Ruhe und für die postoperative Untersuchung bei submaximaler Belastung, sowie den Anstieg des rechtsventrikulären Drucks für die einzelnen Patienten von Ruhe zu submaximaler Belastung. Der mittlere rechtsventrikuläre systolische Druck fiel von 141 mmHg präoperativ auf 44 mmHg postoperativ um annähernd 100 mmHg ab. Bei submaximaler Belastung von ein- einhalb Watt pro kg Körpergewicht kam es zu einem mittleren Anstieg des postoperativen Ruhewertes um 22 mmHg auf im Mittel 66 mmHg. Der präoperative und postoperative systolische Pulmonalarteriendruck sind mit 18 bzw. 20 mmHg praktisch identisch. Bei Belastung kommt es zu einem leichten Ansteigen des pulmonalarteriellen Drucks auf 27 mmHg. Die prä- und postoperativen Werte für den systolischen Druckgradienten zwischen rechtem Ventrikel und Pulmonalarterie entsprechen in ihrem Verhalten dem rechtsventrikulären systolischen Druck. Der enddiastolische Druck im rechten Ventrikel betrug postoperativ in Ruhe durchschnittlich 8,6 mmHg und ist somit noch deutlich gegenüber Normalwerten erhöht. Eine sichere Auswertung des enddiastolischen Drucks bei Belastung war bei vielen Patienten nicht möglich, so daß eine Mittelwertsberechnung nicht sinnvoll erscheint. Eine Abhängigkeit zwischen der maximalen  $O_2$ -Aufnahme und den rechtsventrikulären Drucken während Ruhe ( $r = 0,15$ ) und submaximaler Belastung ( $r = 0,27$ ) ließ sich nicht nachweisen.

## c) Schlagvolumina

Die Schlagvolumina wurden in Prozent der Längennormwerte errechnet. 20 Patienten erreichten bei submaxima-

ler Belastung von eineinhalb Watt pro kg Körpergewicht einen mittleren Wert von 90,9 % des nach der Körperlänge zu erwartenden Wertes. Die Einzelwerte dieser Patienten sind in Abbildung VI eingetragen. Fünf Patienten erreichten dabei überdurchschnittliche Werte. Die Werte der überwiegenden Zahl der Patienten lagen dagegen, wie auch schon für die maximale  $O_2$ -Aufnahme, zwischen 60 und 100 % des Erwartungswertes. Die Schlagvolumina in Ruhe, gemessen im Liegen und jene bei submaximaler Belastung, gemessen im Sitzen, waren mit durchschnittlich 17,8 ml bzw. 16,4 ml annähernd gleich.

#### d) Pulmonalklappenwiderstand

Bei der Berechnung des Klappenwiderstandes nach der üblichen Formel (24), wobei im Zähler der systolische Gradient, multipliziert mit einem Korrekturfaktor und im Nenner das indizierte Herzminutenvolumen steht, geht man theoretisch davon aus, daß das Verhältnis zwischen der Dauer der Systole und der Dauer der gesamten Herzaktion unabhängig von der Herzfrequenz konstant bleibt. Dies ist jedoch keineswegs der Fall. Vielmehr steigt der relative Anteil der Systole an der Dauer der Herzaktion mit zunehmender Herzfrequenz (34). Da die Klappenstenose nur während der Dauer der Systole wirksam ist, wird der Klappenwiderstand umso mehr unterschätzt, je größer der relative Anteil der Systole an der Gesamtperiode ist, in der Regel also bei höheren Herzfrequenzen. Es erscheint demnach konsequent, auch bei der Ermittlung des Klappenwiderstandes nicht vom Herzminutenvolumen, sondern ebenso wie bei der Berechnung der Klappenfläche (10) vom systolischen Volumenstrom auszugehen, d.h. vom Schlagvolumen pro systolische Auswurfperiode. Auch bei dieser Berechnung steht im Nenner der systolische Spitzengradient zwischen rechtem

Ventrikel und Pulmonalarterie, wiederum korrigiert mit einem Faktor, der nach Moller und Adams ( 24 ) 0,66 beträgt, im Nenner dagegen das indizierte Schlagvolumen. Die Berechnung erfolgt also nach der Formel

$$FVR = \frac{(RV_{syst} - PT_{syst}) \cdot 0,66 \text{ [mmHg]}}{SV/KO \text{ [ml/m}^2\text{]}}$$

Darin bedeuten:

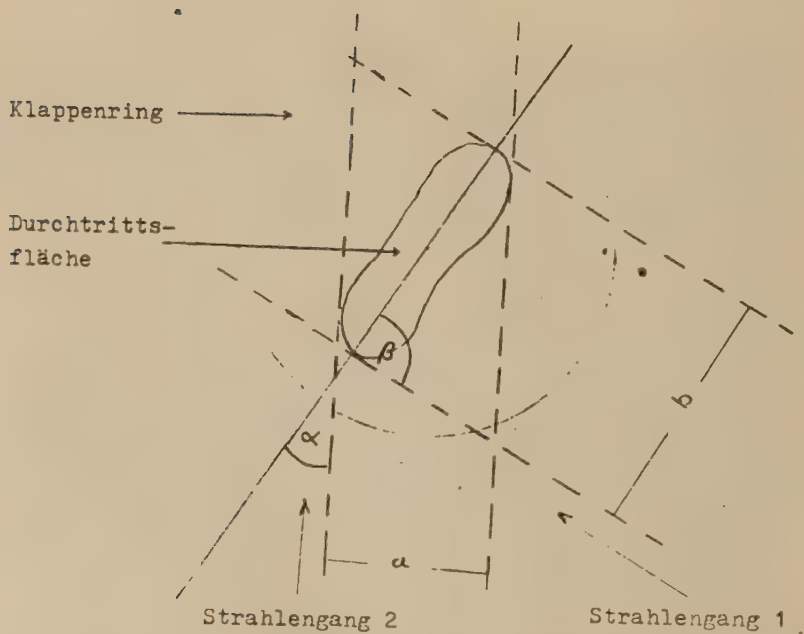
FVR = Pulmonalklappenwiderstand;  $RV_{syst}$  = rechtsventrikulärer Spitzendruck;  $PT_{syst}$  = systolischer Pulmonalarterienspitzenenddruck; KO = Körperoberfläche; SV = Schlagvolumen.

Die aus den Ruhe- und Belastungswerten gemittelten Werte für die einzelnen Patienten lagen zwischen 0,13 und 2,65. Der Mittelwert betrug 0,86. Eine Abhängigkeit zwischen Pulmonalklappenwiderstand und maximaler  $O_2$ -Aufnahme ( $r = 0,17$ ), sowie zwischen Pulmonalklappenwiderstand und Schlagvolumen ( $r = 0,09$ ) ließ sich nicht nachweisen.

#### e) Angiocardiographie

Wir haben, soweit es die Qualität der Filme zuließ, die Durchmesser der Pulmonalklappenringe (a) und der Klappenöffnungsfläche (b) ausgemessen und die Quotienten b/a berechnet, und zwar nach den präoperativ als auch nach den postoperativ angefertigten Angiocardiographien. Die Ergebnisse sind in Tabelle V wiedergegeben. Wie aus der Tabelle hervorgeht, war postoperativ nicht immer ein Anstieg des Quotienten festzustellen. Es fand sich bei den ausgewerteten Fällen keine Korrelation zwischen Veränderungen des genannten Quotienten und entsprechenden Veränderungen des

rechtsventrikulären Drucks bzw. des Druckgradienten zwischen rechtem Ventrikel und Pulmonalarterie, ebenso wenig wie zum Klappenwiderstand. Dieser Quotient kann also nicht zur Beurteilung des Operationserfolges herangezogen werden. Dies erklärt sich daraus, daß die Meßwerte von dem Winkel abhängen, den der Strahlengang mit dem größten Durchmesser der Durchtrittsfläche bildet (siehe Zeichnung).



- $\alpha$  = Winkel zwischen Strahlengang 2 mit dem größten Durchmesser der Durchtrittsfläche  
 $\beta$  = Winkel zwischen Strahlengang 1 mit dem größten Durchmesser der Durchtrittsfläche

## D. Diskussion

Aus unseren Ergebnissen geht hervor, daß nach Operation einer valvulären Pulmonalstenose häufig noch eine Reststenose bestehen bleibt, und daß es bei diesen Patienten unter Belastung im allgemeinen zu einem stärkeren Druckanstieg kommt als bei Gesunden. Dies Ergebnis stimmt mit dem anderer Autoren überein (5, 19, 28, 32), die ebenfalls nur selten eine völlige Normalisierung der Druckverhältnisse im rechten Ventrikel, bzw. ein Verschwinden des systolischen Druckgradienten über die Pulmonalklappe nach Operation einer isolierten valvulären Pulmonalstenose fanden.

Bezüglich der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit unserer Patienten gibt deren maximale  $O_2$ -Aufnahme Auskunft. Sie betrug im Durchschnitt etwa 85 % des normalen Vergleichswerts. Es läßt sich somit sagen, daß die funktionelle Kapazität des Herz-Kreislaufsystems der Kinder trotz der bestehenden Reststenose nur wenig eingeschränkt war. Ein Vergleich mit Ergebnissen anderer Autoren ist nicht möglich, da diese ihre Messungen nur unter relativ geringen Belastungen durchführten (8, 31, 35), welche im Einzelfall keine sicheren Rückschlüsse auf die funktionelle Kapazität des Herz-Kreislaufsystems zulassen (21).

Die Schlagvolumina unserer Patienten waren in Ruhe, gemessen im Liegen, und bei submaximaler Belastung, gemessen im Sitzen, etwa gleich groß. Dies erstaunt nicht, da auch bei herzgesunden Personen das Schlagvolumen beim Übergang vom Liegen zu einer aufrechten Position aufgrund des verminderten venösen Rückflusses abfällt, dann aber schon bei geringen Belastungen wieder auf den Ausgangswert ansteigt und sich danach, auch bei steigender Belastung, in der Regel nicht mehr vergrößert. Aus diesem Grund muß das

Ergebnis von Stone et al. (31), die bei ihren Patienten mit Pulmonalstenose nach Valvotomie einen signifikanten Anstieg des Schlagvolumens von Ruhe zu Belastung fanden, zurückhaltend bewertet werden.

Eine Messung des Herzminutenvolumens und damit des Schlagvolumens während der Bestimmung der maximalen  $O_2$ -Aufnahme konnte bei unseren Patienten nicht erfolgen. Aufgrund der angewandten Untersuchungsanordnung wurde der zentralvenöse Katheter schon gegen Ende der ersten Belastungsstufe aus der Pulmonalarterie über den rechten Ventrikel in den rechten Vorhof bzw. in die obere Hohlvene zurückgezogen, so daß im weiteren Verlauf der Untersuchung gemischt-venöses Blut nicht mehr sicher zur Verfügung stand. Analog zu Ergebnissen nach Korrektur einer Fallot'schen Tetralogie (22) kann man jedoch mit einer gewissen Berechtigung davon ausgehen, daß das bei submaximaler Belastung gemessene Schlagvolumen sich während der Bestimmung der maximalen  $O_2$ -Aufnahme nicht wesentlich veränderte.

Das unter submaximaler Belastung gemessene Schlagvolumen, das im Mittel etwa 91 % des nach der Körperlänge zu erwartenden Wertes betrug, korrelierte bei unseren Patienten gut mit der maximalen  $O_2$ -Aufnahme ( $r = 0,66$ ). Die etwas größere Einschränkung der maximalen  $O_2$ -Aufnahme, verglichen mit dem unter submaximaler Belastung bestimmten Schlagvolumen, erklärt sich aus der Tatsache, daß die Herzfrequenz während der Bestimmung der maximalen  $O_2$ -Aufnahme mit im Mittel 190/min im allgemeinen etwas niedrig war.

Die Auffassung einiger Autoren (8, 15, 16, 18), daß das Verhältnis zwischen Herzminutenvolumen und Sauerstoffverbrauch bzw. zwischen dem Anstieg des Herzminutenvolumens und dem der Sauerstoffaufnahme bei submaximaler Belastung Schlüsse auf die Funktion des Herz-Kreislaufsystems bei Patienten mit valvulärer Pulmonalstenose erlaubt, muß dahingehend eingeschränkt werden, daß dies nur gilt, wenn die Herzfrequenz im untersuchten Bereich normal ist. Untersuchungen an Patienten nach Korrektur einer Fallot'schen Tetralogie (22) haben gezeigt, daß dies nicht immer der Fall ist. Zwar wurde bei diesen

Patienten unter submaximaler Belastung ein normales Herzminutenvolumen erreicht, da das verminderte Schlagvolumen durch hohe Herzfrequenzwerte kompensiert wurde, während maximaler Belastung war dies jedoch nicht mehr möglich, da die maximale Herzfrequenz nicht überdurchschnittlich war, so daß das maximale Herzminutenvolumen entsprechend der Verminderung des Schlagvolumens reduziert war.

Im Gegensatz zum Schlagvolumen unserer Patienten, für das sich eine Abhängigkeit zur maximalen  $O_2$ -Aufnahme zeigen ließ, korrelierte der rechtsventrikuläre Druck weder in Ruhe noch bei Belastung mit der maximalen  $O_2$ -Aufnahme. Das bedeutet, daß das Schlagvolumen ebenso wie die maximale  $O_2$ -Aufnahme sich unabhängig von der Höhe des rechtsventrikulären Drucks verhalten. Dieses Ergebnis stimmt mit dem anderer Autoren (27, 12, 13, 18, 26, 31) bei leichteren Formen operierter und nicht operierter valvulärer Pulmonalstenose überein. Bei schwereren Formen der Stenose wurde dagegen eine gewisse allgemeine Übereinstimmung zwischen der Höhe bzw. dem Anstieg des Drucks im rechten Ventrikel und dem Abfall des Schlagvolumens gefunden, bei allerdings breiter Überlappung zwischen den einzelnen Gruppen unterschiedlichen Schweregrades (15, 16, 18, 26). Dabei wurden aber auch Fälle mit rechtsventrikulären Druckwerten unter 70 mmHg beschrieben, bei denen es unter Belastung zusammen mit einem starken rechtsventrikulären Druckanstieg zu einem deutlichen Abfall des Schlagvolumens kam. Dies ließ sich bei drei von unseren Patienten (Patient Nr. 3, 13, 16) feststellen. In diesen Fällen sollte eine Reoperation zur Erzielung eines besseren Ergebnisses erwogen werden.

Bemerkenswert ist der in einzelnen Fällen doch sehr unterschiedliche Anstieg des rechtsventrikulären Drucks unter Belastung bei annähernd gleichen Ruhewerten, wobei sich die Werte der Kinder, die nach der Methode von Brock operiert wurden, im Vergleich zu den valvotomierten Kindern nicht auffällig unterschieden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß durch die Operation der valvulären Pulmonalstenose im allgemeinen ein zufriedenstellen-

des Ergebnis hinsichtlich der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit erzielt wurde. Da dabei jedoch in einzelnen Fällen noch ein relativ hoher Druck im rechten Ventrikel bestand, der zum Teil bei Belastung noch beträchtlich zunahm, darf die Bedeutung der maximalen  $O_2$ -Aufnahme als Ausdruck der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit, bzw des Schlagvolumens als eines wesentlichen funktionellen Parameters für die Beurteilung des Operationsergebnisses nicht überschätzt werden. Vielmehr ist hinsichtlich der Entscheidung über eine eventuelle Reoperation ein überproportionaler Anstieg des rechtsventrikulären systolischen Druckes bei Belastung, besonders wenn er von einem Abfall des Schlagvolumens begleitet ist, als wesentliches Kriterium anzusehen.

## E. Zusammenfassung

Es wurden bei 32 Kindern im Alter von 1 bis 14 Jahren nach Operation einer isolierten valvulären Pulmonalstenose funktionelle Untersuchungen des Herz-Kreislaufsystems in Ruhe, bei submaximaler und maximaler Belastung durchgeführt. Die maximale Sauerstoffaufnahme betrug im Durchschnitt 86,5 % des nach dem Alter und 83,3 % des nach der Körperlänge zu erwartenden Wertes. Das Schlagvolumen lag bei submaximaler Belastung im Durchschnitt bei 90,9 % des Längensolls.

Zwischen der maximalen  $O_2$ -Aufnahme und dem Schlagvolumen bestand eine gute Korrelation. Der rechtsventrikuläre systolische Druck betrug in Ruhe im Mittel 44 mmHg und stieg bei submaximaler Belastung von 1 1/2 Watt/kg Körpergewicht auf durchschnittlich 66 mmHg an. Zwischen der maximalen  $O_2$ -Aufnahme einerseits und dem rechtsventrikulären systolischen Druck bzw. dem Pulmonalklappenwiderstand andererseits, sowie zwischen dem Pulmonalklappenwiderstand und dem Schlagvolumen fand sich keine Korrelation.

Nach diesen Ergebnissen darf die Bedeutung der maximalen  $O_2$ -Aufnahme als Ausdruck der kardiovaskulären Leistungsfähigkeit bzw. des Schlagvolumens als eines wesentlichen funktionellen Parameters für die Beurteilung der Operationsergebnisse nicht überschätzt werden. Eine Reoperation zur Erzielung eines besseren Ergebnisses muß dann erwogen werden, wenn es unter Belastung zu einem starken Anstieg des rechtsventrikulären Druckes zusammen mit einem deutlichen Abfall des Schlagvolumens kommt. Ein derartiges Verhalten fanden wir bei 3 von unseren 32 Patienten.

F.    TABELLEN

| Patient Nr.      | Alter<br>Jahre | Körperlänge<br>cm | Gewicht<br>kg    |
|------------------|----------------|-------------------|------------------|
| 1                | 13,9           | 151,5             | 38               |
| 2                | 9              | 139               | 29               |
| 3                | 10,5           | 150               | 40,5             |
| 4                | 10,8           | 141,5             | 30               |
| 5                | 16,7           | 193               | 51,5             |
| 6                | 9,5            | 139,5             | 37               |
| 7                | 17             | 166               | 61               |
| 8                | 9,5            | 129               | 28               |
| 9                | 15             | 169               | 58               |
| 10               | 13,2           | 167               | 61               |
| 11               | 13,8           | 163               | 67               |
| 12               | 9,8            | 132               | 27               |
| 13               | 14,2           | 164               | 52,5             |
| 14               | 14,2           | 166,5             | 51               |
| 15               | 9,5            | 138,5             | 34               |
| 16               | 16             | 167               | 53               |
| 17               | 12,7           | 167               | 44               |
| 18               | 9,7            | 135               | 32               |
| 19               | 8,3            | 137               | 28               |
| 20               | 10,9           | 147               | 48               |
| 21               | 15,1           | 164               | 51               |
| 22               | 23,3           | 168               | 57               |
| 23               | 6,1            | 122               | 20               |
| 24               | 14,1           | 167               | 50               |
| 25               | 10,5           | 135               | 28,5             |
| 26               | 10,7           | 151               | 36               |
| 27               | 12,5           | 148               | 40               |
| 28               | 12,7           | 155               | 42               |
| 29               | 17,3           | 160               | 52               |
| 30               | 10,3           | 138,5             | 31               |
| 31               | 11             | 141               | 30               |
| 32               | 11,5           | 142               | 34               |
| $\bar{m} = 12,5$ |                | $\bar{M} = 151,7$ | $\bar{G} = 41,9$ |

ASL (mittlere Alterssolllänge) = 151,2 cm

ASG (mittleres Alterssollgewicht) = 39,0 kg

Tabelle I: Alter, Körperlänge und Gewicht der Kinder zum  
Zeitpunkt der Untersuchung

Erläuterungen zu den Tabellen II bis IV:

Valvotomiert wurden die Patienten 1 bis 16, sowie 18 bis 24.

Nach der Methode von Brock wurden die Patienten von 25 bis 31 operiert.

Unbekannt ist die Operationsmethode bei den Patienten 17 und 32.

| Patient Nr.       | 1        | 2       | 3       | 4        |
|-------------------|----------|---------|---------|----------|
| geb.              | 17.11.61 | 24.3.64 | 3.12.64 | 19.12.64 |
| Datum             | 18.7.73  | 11.2.70 | 19.2.70 | 14.11.66 |
| RV                | 180/0    | 90/0    | 175/0   | 150/0    |
| RV <sub>end</sub> | 6        | -       | -       | 10       |
| PT                | 17/10    | 17/10   | -       | -        |
| Grad              | 163      | 73      | +infPS  | -        |

| Patient Nr.       | 5       | 6        | 7        | 8      |
|-------------------|---------|----------|----------|--------|
| geb.              | 2.7.58  | 10.10.65 | 4.4.58   | 5.3.65 |
| Datum             | 21.6.66 | 12.2.70  | 14.12.61 | 7.9.71 |
| RV                | 110/0   | 90/0     | 35/0     | 95/0   |
| RV <sub>end</sub> | -       | -        | -        | 5      |
| PT                | 18/8    | 15/10    | 15/3     | 22/10  |
| Grad              | 92      | 75       | 30       | 73     |

| Patient Nr.       | 9       | 10      | 11       | 12       |
|-------------------|---------|---------|----------|----------|
| geb.              | 17.5.60 | 12.6.62 | 11.9.61  | 16.11.65 |
| Datum             | 19.3.67 | 15.7.65 | 29.10.78 | 11.71    |
| RV                | 105/0   | 145/0   | 140/0    | 125/0    |
| RV <sub>end</sub> | -       | -       | -        | 10       |
| PT                | 18/10   | -       | 30/15    | 20/10    |
| Grad              | 87      | -       | 110      | 105      |

Tabelle IIa: Werte der 1. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.       | 13      | 14                | 15      | 16      |
|-------------------|---------|-------------------|---------|---------|
| geb.              | 18.1.61 | 24.6.61           | 19.9.64 | 27.7.59 |
| Datum             | 9.10.69 | 1962              | 16.9.70 | 12.1.65 |
| RV                | 190/0   | RV prae-op: 130/0 |         | 85/0    |
| RV <sub>end</sub> | -       | 128               | -       | -       |
| PT                | 20/10   |                   | 18/5    | 25/8    |
| Grad              | 170     |                   | 112     | 60      |

| Patient Nr.       | 17      | 18       | 19      | 20       |
|-------------------|---------|----------|---------|----------|
| geb.              | 4.11.62 | 5.1.66   | 9.3.67  | 13.7.67  |
| Datum             | 5.10.65 | 10.10.73 | 11.6.68 | 28.10.68 |
| RV                | 60/0    | 87/0     | 80/0    | 110/0    |
| RV <sub>end</sub> | -       | 2        | -       | 7        |
| PT                | 15/8    | 11/6     | 10/1    | 14/8     |
| Grad              | 45      | 76       | 70      | 96       |

| Patient Nr.       | 21      | 22      | 23      | 24      |
|-------------------|---------|---------|---------|---------|
| geb.              | 18.7.60 | 25.6.52 | 16.8.69 | 1.11.61 |
| Datum             | 19.7.67 | 1960    | 4.2.71  | 14.5.70 |
| RV                | 230/0   | 200/0   | 200/0   | 100/0   |
| RV <sub>end</sub> | 5       | -       | -       | 5       |
| PT                | -       | 175     | -       | 80      |
| Grad              |         |         |         |         |

Tabelle IIb: Werte der 1. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.       | 25       | 26      | 27      | 28      |
|-------------------|----------|---------|---------|---------|
| geb.              | 8.9.64   | 8.1.65  | 15.9.62 | 23.1.63 |
| Datum             | 18.12.66 | 24.7.67 | 13.1.67 | -       |
| RV                | 175/0    | 115/0   | 260/0   | 140/0   |
| RV <sub>end</sub> | -        | 2       | -       | -       |
| PT                | -        | 18/8    | -       | -       |
| Grad              | -        | 97      | -       | -       |

| Patient Nr.       | 29       | 30      | 31      | 32       |
|-------------------|----------|---------|---------|----------|
| geb.              | 20.11.57 | 3.1.65  | 7.11.64 | 21.4.64  |
| Datum             | 14.10.65 | 17.7.69 | 9.11.70 | 21.10.70 |
| RV                | 220/0    | 85/0    | 180/0   | 140/0    |
| RV <sub>end</sub> | -        | -       | -       | -        |
| PT                | PT: 14/4 | 15/7    | -       | 16/10    |
| Grad              | Grad: 96 | 70      | -       | 124      |

Tabelle IIc: Werte der 1. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr. | 1       | 2       | 3       | 4      |
|-------------|---------|---------|---------|--------|
| Datum       | 28.1.74 | 2.11.72 | 30.6.71 | 2.8.68 |
| Grad        | 88      | -       | 40      | -      |
| Klappe      | zz      | dz      | dz      | dz     |

| Patient Nr. | 5       | 6      | 7      | 8       |
|-------------|---------|--------|--------|---------|
| Datum       | 12.7.68 | 4.8.72 | 6.9.68 | 16.7.73 |
| Grad        | -       | -      | -      | 45      |
| Klappe      | dz      | dz     | dz     | dz      |

| Patient Nr. | 9       | 10      | 11      | 12       |
|-------------|---------|---------|---------|----------|
| Datum       | 7.12.71 | 28.9.66 | 1.12.70 | 24.11.72 |
| Grad        | -       | -       | -       | -        |
| Klappe      | dz      | -       | dz      | dz       |

| Patient Nr. | 13      | 14     | 15     | 16      |
|-------------|---------|--------|--------|---------|
| Datum       | 26.7.71 | 3.5.63 | 8.8.73 | 10.7.74 |
| Grad        | -       | 128    | -      | -       |
| Klappe      | dz      | dz     | dz     | dz      |

Tabelle IIIa: Werte der Operation

| Patient Nr. | 18      | 19      | 20      | 21      |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| Datum       | 19.9.74 | 17.2.70 | 6.12.72 | 2.11.67 |
| Grad        | 80      | -       | -       | -       |
| Klappe      | zz      | zz      | dz      | dz      |

| Patient Nr. | 22       | 23       | 24      |         |
|-------------|----------|----------|---------|---------|
| Datum       | -        | 6.5.71   | 20.7.71 | 4.12.72 |
| Grad        | 180      | 50       | -       | -       |
| Klappe      | dz       | dz       | dz      | dz      |
|             | = 1. Op. | = 2. Op. |         |         |

| Patient Nr. | 25      | 26      | 27      | 28      |
|-------------|---------|---------|---------|---------|
| Datum       | 2.11.69 | 25.3.68 | 17.3.67 | 15.7.69 |
| Grad        | -       | -       | 180     | -       |
| Klappe      | -       | -       | dz      | -       |

| Patient Nr. | 29     | 30      | 31 |
|-------------|--------|---------|----|
| Datum       | 7.3.66 | 30.7.73 | -  |
| Grad        | 146    | 40      | 20 |
| Klappe      | -      | dz      | -  |

Tabelle IIIb: Werte der Operation

| Patient Nr.                                |                   | 1        | 2         | 3         | 4         |
|--------------------------------------------|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|
| Datum                                      |                   | 7.10.75  | 1975      | 5.6.75    | 9.9.75    |
| Ruhe                                       | RV                | 65/0     | 43/0      | 38/0      | 23/0      |
|                                            | RV <sub>end</sub> | 5        | 10        | 12        | 8         |
|                                            | PT                | 20/11    | 20/11     | 35/10     | 19/10     |
|                                            | Grad              | 45       | 23        | 3         | 4         |
| Bela-<br>stung                             | RV                | 85/0     | 68/0      | 75/0      | 40/0      |
|                                            | RV <sub>end</sub> | -        | -         | -         | 5         |
|                                            | PT                | 28/20    | 26/11     | 50/20     | 10/5      |
|                                            | Grad              | 57       | 37        | 25        | 30        |
| SV/KL <sup>3</sup>                         | RL                | 8,08=50% | 21,3=111% | 23,2=135% | 18,4=93%  |
|                                            | RS                | 9,57=59% | 20,1=104% | 10,3=60%  | 13,8=70%  |
|                                            | I                 | 10,1=62% | 29,4=159% | 12,6=73%  | 19,1=97%  |
|                                            | II                | 11,4=71% | 20,4=106% | -         | 30,1=152% |
| C.I.                                       | RL                | 2,36     | 4,30      | 5,20      | 3,07      |
|                                            | RS                | 3,21     | 3,70      | 2,50      | 2,60      |
|                                            | I                 | 4,75     | 8,40      | 6,40      | 5,58      |
|                                            | II                | 6,04     | 9,90      | -         | 11,0      |
| Q                                          | RL                | 3,03     | 4,6       | 6,8       | 4,39      |
|                                            | RS                | 4,13     | 3,9       | 3,24      | 3,72      |
|                                            | I                 | 6,10     | 9,1       | 8,4       | 7,99      |
|                                            | II                | 7,75     | 10,7      | -         | 15,8      |
| $\dot{V}_{O_2}$                            | RL                | 0,11     | 0,25      | 0,20      | 0,14      |
|                                            | RS                | 0,24     | 0,27      | 0,23      | 0,17      |
|                                            | I                 | 1,07     | 0,93      | 1,04      | 0,77      |
|                                            | II                | 1,12     | -         | -         | 1,26      |
| max $\dot{V}_{O_2}$                        |                   | 1,12     | 1,32      | 1,04      | 1,26      |
| max $\dot{V}_{O_2}$ (%AN)                  |                   | 64%      | 80%       | 77%       | 83%       |
| max $\dot{V}_{O_2}$ /KL <sup>3</sup>       |                   | 0,49     | 0,69      | 0,56      | -         |
| max $\dot{V}_{O_2}$ /KL <sup>3</sup> (%LN) |                   | 70%      | 89%       | 69%       | 82%       |

Tabelle IVa: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.                                | 5         | 6         | 7        |           |
|--------------------------------------------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Datum                                      | 16.5.75   | 4.4.75    | 14.11.66 | 11.4.75   |
| RV                                         | 50/0      | 23/0      | 120/0    | 24/0      |
| RV <sub>end</sub>                          | 8         | 7         | -        | 6         |
| PT                                         | 18/11     | 17/9      | 17/8     | 11/0      |
| Grad                                       | 32        | 6         | 103      | 15        |
| RV                                         | 100/0     | 25/0      | -        | 45/0      |
| RV <sub>end</sub>                          | 9         | 5         | -        | -         |
| PT                                         | 25/11     | 22/10     | -        | 30/18     |
| Grad                                       | 75        | 3         | -        | 15        |
| RL                                         | 18,6=115% | 23,6=131% | -        | 17,2=106% |
| RS                                         | -         | 6,5=36%   | -        | 10,3=66%  |
| I                                          | 15,3=94%  | 17,7=65%  | -        | 14,5=90%  |
| II                                         | 16,6=102% | 13,4=74%  | -        | 15,5=96%  |
| RL                                         | 6,93      | 4,44      | -        | 3,58      |
| RS                                         | -         | 1,34      | -        | 2,57      |
| I                                          | 12,0      | 4,95      | -        | 6,75      |
| II                                         | 14,9      | 6,37      | -        | 7,23      |
| RL                                         | 6,35      | 5,3       | -        | 6,0       |
| RS                                         | -         | 1,6       | -        | 4,3       |
| I                                          | 11,0      | 5,9       | -        | 11,3      |
| II                                         | 13,9      | 7,6       | -        | 12,1      |
| RL                                         | 0,23      | 0,14      | -        | 0,23      |
| RS                                         | -         | 0,09      | -        | 0,25      |
| I                                          | 1,15      | 0,63      | -        | 1,22      |
| II                                         | 1,65      | 0,91      | -        | 1,63      |
| max $\dot{V}_{O_2}$                        | 1,65      | 0,91      | -        | 1,62      |
| max $\dot{V}_{O_2}$ (%AN)                  | 88%       | 73%       | -        | 87%       |
| max $\dot{V}_{O_2}$ /KL <sup>3</sup>       | -         | 0,47      | -        | -         |
| max $\dot{V}_{O_2}$ /KL <sup>3</sup> (%LN) | 88%       | 70%       | -        | 83%       |
|                                            |           |           | =2. HK   | =3. HK    |

Tabelle IVb: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.                                |                   | 8         | 9        | 10       | 11        |
|--------------------------------------------|-------------------|-----------|----------|----------|-----------|
| Datum                                      |                   | 8.8.74    | 24.4.75  | 21.8.75  | 31.7.75   |
| Ruhe                                       | RV                | 50/0      | 25/0     | 43/0     | 46/0      |
|                                            | RV <sub>end</sub> | -         | 9        | 5        | 8         |
|                                            | PT                | 25/7      | 16/10    | 18/8     | 25/15     |
|                                            | Grad              | 25        | 9        | 30       | 21        |
| Bela-<br>stung                             | RV                | 90/0      | 50/0     | 70/0     | 75/0      |
|                                            | RV <sub>end</sub> | -         | 5        | 14       | -         |
|                                            | PT                | 28/8      | 31/10    | 37/25    | 35/25     |
|                                            | Grad              | 62        | 19       | 33       | 25        |
| SV/KL <sup>3</sup>                         | RL                | 18,2=91%  | -        | 15,0=93% | -         |
|                                            | RS                | -         | -        | 9,02=56% | 16,6=102% |
|                                            | I                 | 21,0=105% | 12,3=76% | 12,1=75% | 22,7=140% |
|                                            | II                | 21,9=110% | 13,3=82% | 15,1=94% | 19,9=123% |
| C.I.                                       | RL                | 2,99      | 6,34     | 3,64     | -         |
|                                            | RS                | -         | 6,30     | 2,44     | 3,10      |
|                                            | I                 | 5,70      | 10,8     | 6,36     | 7,90      |
|                                            | II                | 7,89      | 14,7     | 8,58     | 8,60      |
| Q                                          | RL                | 3,0       | 5,3      | 6,14     | -         |
|                                            | RS                | -         | 5,2      | 4,12     | 6,2       |
|                                            | I                 | 5,7       | 8,9      | 10,7     | 16,0      |
|                                            | II                | 7,9       | 12,2     | 14,5     | 17,3      |
| $\dot{V}_{O_2}$                            | RL                | 0,16      | 0,21     | 0,24     | -         |
|                                            | RS                | -         | 0,24     | 0,26     | 0,32      |
|                                            | I                 | 0,77      | 1,01     | 1,26     | 1,74      |
|                                            | II                | 1,02      | 1,18     | 1,68     | 2,59      |
| max $\dot{V}_{O_2}$                        |                   | 1,02      | 1,18     | 1,68     | 2,59      |
| max $\dot{V}_{O_2}$ (%AN)                  |                   | 79%       | 65%      | 99%      | 147%      |
| max $\dot{V}_{O_2}$ /KL <sup>3</sup>       |                   | 0,61      | 0,41     | 0,60     | 0,97      |
| max $\dot{V}_{O_2}$ /KL <sup>3</sup> (%LN) |                   | 84%       | 58%      | 87%      | 138%      |

Tabelle IVc: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.                                     |                   | 12        | 13        | 14          |
|-------------------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-------------|
| Datum                                           |                   | 25.9.75   | 18,9,75   | - 8,75      |
| Ruhe                                            | RV                | 38/0      | 35/0      | 42/0 48/0   |
|                                                 | RV <sub>end</sub> | 8         | 10        | 10 12       |
|                                                 | PT                | 22/10     | 20/10     | 30/10 30/6  |
|                                                 | Grad              | 16        | 15        | 12 18       |
| Bela-<br>stung                                  | RV                | 53/0      | 74/0      | - 80/0      |
|                                                 | RV <sub>end</sub> | -         | -         | - -         |
|                                                 | PT                | 27/18     | 45/24     | - 45/25     |
|                                                 | Grad              | 26        | 29        | - 35        |
| SV/KL <sup>3</sup>                              | RL                | 21,6=119% | 22,6=140% | - 12,0=64%  |
|                                                 | RS                | 12,9=71%  | 13,4=83%  | - 14,0=74%  |
|                                                 | I                 | 15,7=87%  | 15,8=97%  | - 16,4=86%  |
|                                                 | II                | 19,7=109% | 15,3=94%  | - 12,8=68%  |
| C.I.                                            | RL                | 3,8       | 3,99      | - 3,0       |
|                                                 | RS                | 2,4       | 5,89      | - 3,2       |
|                                                 | I                 | 4,7       | 6,98      | - 5,9       |
|                                                 | II                | 7,7       | 6,37      | - 6,7       |
| Q                                               | RL                | 3,8       | 7,2       | - 4,7       |
|                                                 | RS                | 2,4       | 4,7       | - 5,0       |
|                                                 | I                 | 4,7       | 11,2      | - 9,2       |
|                                                 | II                | 7,7       | 13,5      | - 10,4      |
| v̇O <sub>2</sub>                                | RL                | 0,17      | 0,24      | - 0,24      |
|                                                 | RS                | 0,16      | 0,29      | - 0,28      |
|                                                 | I                 | 0,52      | 1,22      | - 1,12      |
|                                                 | II                | 1,0       | 1,85      | - 1,59      |
| max v̇O <sub>2</sub>                            |                   | 1,0       | 1,85      | - 1,59      |
| max v̇O <sub>2</sub> (KAN)                      |                   | 78%       | 102%      | - 71%       |
| max v̇O <sub>2</sub> /KL <sup>3</sup>           |                   | 0,58      | 0,69      | - 0,57      |
| max v̇O <sub>2</sub> /KL <sup>3</sup> (KAN) 86% |                   |           | 98%       | - 70%       |
|                                                 |                   |           |           | =2.HK =3.HK |

Tabelle IVd: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.                                  |                   | 15        | 16        | 17       |
|----------------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|----------|
| Datum                                        |                   | 20.2.75   | 1.8.75    | 25.7.75  |
| Ruhe                                         | RV                | 40/5      | 50/0      | 30/0     |
|                                              | RV <sub>end</sub> | 10        | 4         | 4        |
|                                              | PT                | 25/12     | 33/10     | 22/10    |
|                                              | Grad              | 15        | 17        | 8        |
| Bela-<br>stung                               | RV                | 50/0      | 75/0      | 50/0     |
|                                              | RV <sub>end</sub> | 7         | -         | -        |
|                                              | PT                | 30/13     | 50/25     | 30/10    |
|                                              | Grad              | 20        | 25        | 20       |
| SV/KL <sup>3</sup>                           | RL                | 20,4=118% | 16,3=84%  | 13,7     |
|                                              | RS                | 18,3=106% | 2,64=13%  | 10,0     |
|                                              | I                 | 24,4=141% | 6,91=35%  | 11,0=68% |
|                                              | II                | 21,6=125% | 8,2=41,4% | 14,9=92% |
| C.I.                                         | RL                | 3,14      | -         | 6,11     |
|                                              | RS                | 3,05      | -         | 4,62     |
|                                              | I                 | 6,73      | -         | 8,29     |
|                                              | II                | 8,0       | -         | 13,4     |
| Q                                            | RL                | 4,16      | 6,46      | 6,19     |
|                                              | RS                | 4,05      | 4,14      | 4,68     |
|                                              | I                 | 8,94      | 11,0      | 8,39     |
|                                              | II                | 10,6      | 13,8      | 13,6     |
| v̇O <sub>2</sub>                             | RL                | 0,21      | 0,24      | 0,28     |
|                                              | RS                | 0,24      | 0,24      | 0,31     |
|                                              | I                 | 0,79      | 1,17      | 1,01     |
|                                              | II                | 1,23      | 1,98      | 2,01     |
| max v̇O <sub>2</sub>                         |                   | 1,23      | 1,98      | 2,01     |
| max v̇O <sub>2</sub> (KAN)                   |                   | 88%       | -         | 122%     |
| max v̇O <sub>2</sub> / KL <sup>3</sup>       |                   | 0,64      | -         | -        |
| max v̇O <sub>2</sub> / KL <sup>3</sup> (KLN) |                   | 95%       | 76%       | 106%     |

Tabelle IVe: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.       | 18      | 19     | 20      | 21      |
|-------------------|---------|--------|---------|---------|
| Datum             | 19.9.75 | 5.6.75 | 23.5.75 | 11.9.75 |
| RV                | 43/0    | 30/0   | 50/0    | 45/0    |
| RV <sub>end</sub> | 10      | 10     | 10      | 12      |
| PT                | 21/13   | 18/7   | 21/10   | 22/11   |
| Grad              | 22      | 12     | 29      | 23      |
| RV                | 68/0    | 50/0   | 70/0    | 75/0    |
| RV <sub>end</sub> | -       | 7      | -       | -       |
| PT                | 27/15   | 22/12  | 25/10   | 30/10   |
| Grad              | 41      | 28     | 45      | 45      |

| Patient Nr.       | 22    |         | 23      |         | 24       |
|-------------------|-------|---------|---------|---------|----------|
| Datum             | 8.63  | 13.3.69 | 17.9.75 | 24.7.75 | 22.12.75 |
| RV                | 130/0 | 130/0   | 42/0    | 28/0    | 28/0     |
| RV <sub>end</sub> | -     | -       | 8       | -       | -        |
| PT                | 45/9  | 30/15   | 27/10   | 17/5    | 16/7     |
| Grad              | 85    | 100     | 15      | 11      | 12       |
| RV                | -     | -       | -       | -       | 50/0     |
| RV <sub>end</sub> | -     | -       | -       | -       | -        |
| PT                | -     | -       | -       | -       | 32/12    |
| Grad              | -     | -       | -       | -       | 18       |
|                   | =2.HK | =3.HK   | =4.HK   |         |          |

Tabelle IVf: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.                                             |                   | 25        | 26        | 27        |
|---------------------------------------------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Datum                                                   |                   | 7.3.75    | 10.9.75   | 17.4.75   |
| Ruhe                                                    | RV                | 38/0      | 38/0      | 33/0      |
|                                                         | RV <sub>end</sub> | 7         | 12        | 8         |
|                                                         | PT                | 20/4      | 28/12     | 19/6      |
|                                                         | Grad              | 18        | 10        | 19        |
| Bela-<br>stung                                          | RV                | 50/0      | 53/5      | 75/0      |
|                                                         | RV <sub>end</sub> | -         | 12        | 15        |
|                                                         | PT                | 35/10     | 32/15     | 32/10     |
|                                                         | Grad              | 15        | 21        | 43        |
| SV/KL <sup>3</sup>                                      | RL                | 12,5=63%  | 21,1=108% | 16,5=87%  |
|                                                         | RS                | 9,2=47%   | 8,3=42%   | 16,0=84%  |
|                                                         | I                 | 17,6=89%  | 12,6=63%  | 21,3=112% |
|                                                         | II                | 22,5=114% | 13,8=70%  | 22,7=119% |
| C.I.                                                    | RL                | 2,09      | 4,53      | 2,6       |
|                                                         | RS                | 1,4       | 2,64      | 2,8       |
|                                                         | I                 | 4,14      | 5,70      | 6,6       |
|                                                         | II                | 6,52      | 7,58      | 8,5       |
| Q                                                       | RL                | 3,19      | 5,7       | 3,43      |
|                                                         | RS                | 2,13      | 3,3       | 3,6       |
|                                                         | I                 | 6,32      | 7,1       | 8,6       |
|                                                         | II                | 9,95      | 9,5       | 11,0      |
| V̇ <sub>O<sub>2</sub></sub>                             | RL                | 0,16      | 0,2       | 0,16      |
|                                                         | RS                | 0,13      | 0,18      | 0,22      |
|                                                         | I                 | 0,69      | 0,66      | 0,88      |
|                                                         | II                | 1,0       | 0,97      | 1,15      |
| max V̇ <sub>O<sub>2</sub></sub>                         |                   | 1,0       | 0,97      | 1,72      |
| max V̇ <sub>O<sub>2</sub></sub> (KAN)                   |                   | 65%       | 62%       | 96%       |
| max V̇ <sub>O<sub>2</sub></sub> / KL <sup>3</sup>       |                   | -         | 0,42      | 0,78      |
| max V̇ <sub>O<sub>2</sub></sub> / KL <sup>3</sup> (KLN) |                   | 62%       | 56%       | 99%       |

Tabelle IVg: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient Nr.       | 28      | 29      | 30      |
|-------------------|---------|---------|---------|
| Datum             | 29.9.75 | 28.2.75 | 15.5.75 |
| RV                | 70/0    | 75/0    | 30/0    |
| RV <sub>end</sub> | 15      | 10      | 6       |
| PT                | 35/15   | 16/8    | 17/5    |
| Grad              | 35      | 59      | 13      |
| RV                | 75/0    | 125/0   | 37/0    |
| RV <sub>end</sub> | 15      | -       | -       |
| PT                | 52/25   | 25/5    | 17/10   |
| Grad              | 22      | 100     | 20      |

| Patient Nr.       |          |          |
|-------------------|----------|----------|
| Datum             | 13.10.75 | 15.10.75 |
| RV                | 75/0     | 25/9     |
| RV <sub>end</sub> | 7        | 5        |
| PT                | 18/5     | 20/10    |
| Grad              | 57       | 5        |
| RV                | 75/0     | 55/0     |
| RV <sub>end</sub> | -        | -        |
| PT                | 20/12    | 50/25    |
| Grad              | 55       | 5        |

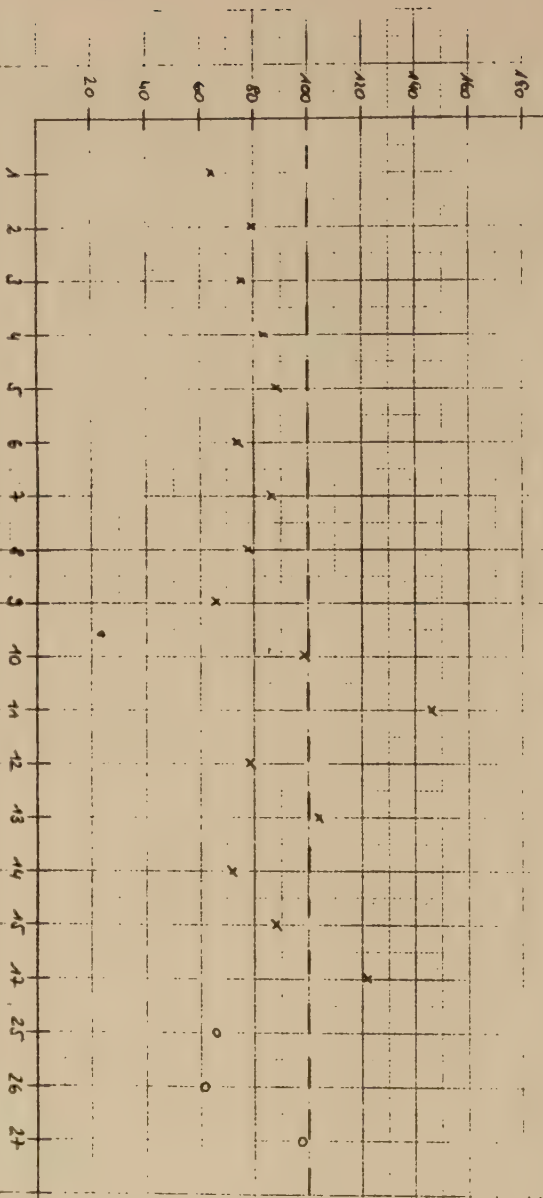
Tabelle IVh: Werte der 2. Herzkatheteruntersuchung

| Patient | praeoperativ |      |          | postoperativ |      |          |
|---------|--------------|------|----------|--------------|------|----------|
|         | Durchtritt   | Ring | Quotient | Durchtritt   | Ring | Quotient |
| 6       | 2,2          | 6,0  | 0,37     | 1,5          | 4,5  | 0,33     |
| 7       | 1,3          | 3,8  | 0,34     | 5,7          | 9,8  | 0,58     |
| 9       | 2,7          | 7,0  | 0,39     | -            | -    | 1,0      |
| 15      | 1,6          | 3,0  | 0,53     | 5,5          | 11,7 | 0,47     |
| 21      | 2,1          | 5,5  | 0,38     | 3,7          | 8,0  | 0,46     |
| 30      | 2,0          | 6,0  | 0,33     | 4,3          | 7,5  | 0,57     |

Tabelle V: Auswertungsergebnisse der Angiocardiographien

G. ABBILDUNGEN

max  $V_{O_2}$   
(%AN)



Patient Nr.

Abbildung I:  
Einzelwerte der maximalen Sauerstoffaufnahme in Prozent der Altersnorm

= Patienten, operiert nach der Methode von Brock  
= Valvotomisierte Patienten

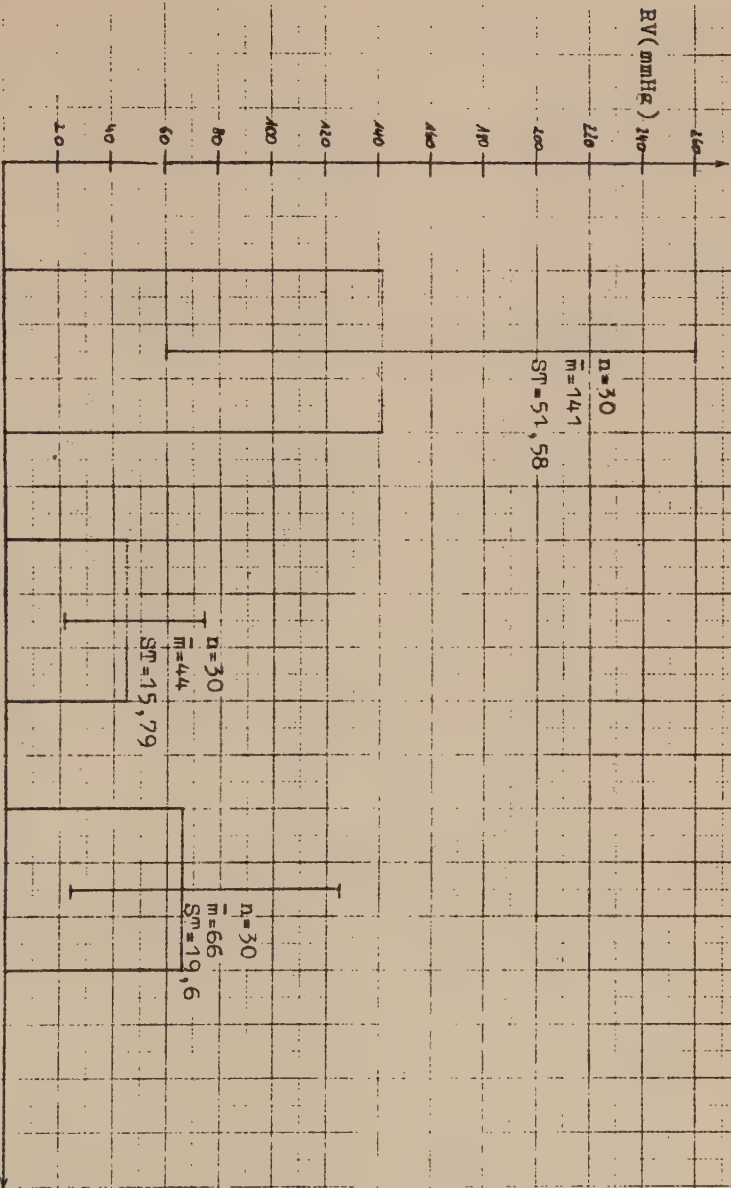


Abbildung II: Verhalten des rechtsventrikulären Drucks

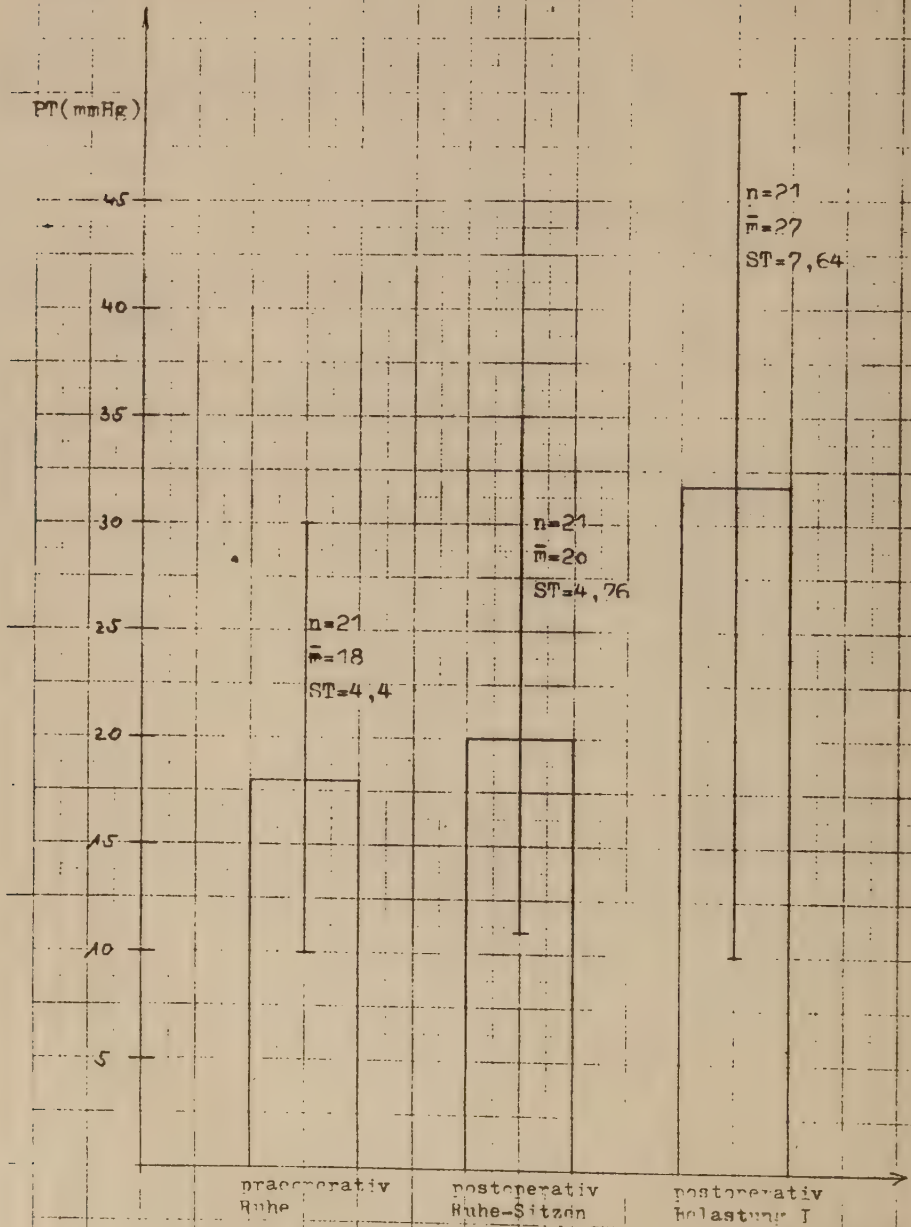


Abbildung III: Druckverhalten in der arteria Pulmonalis

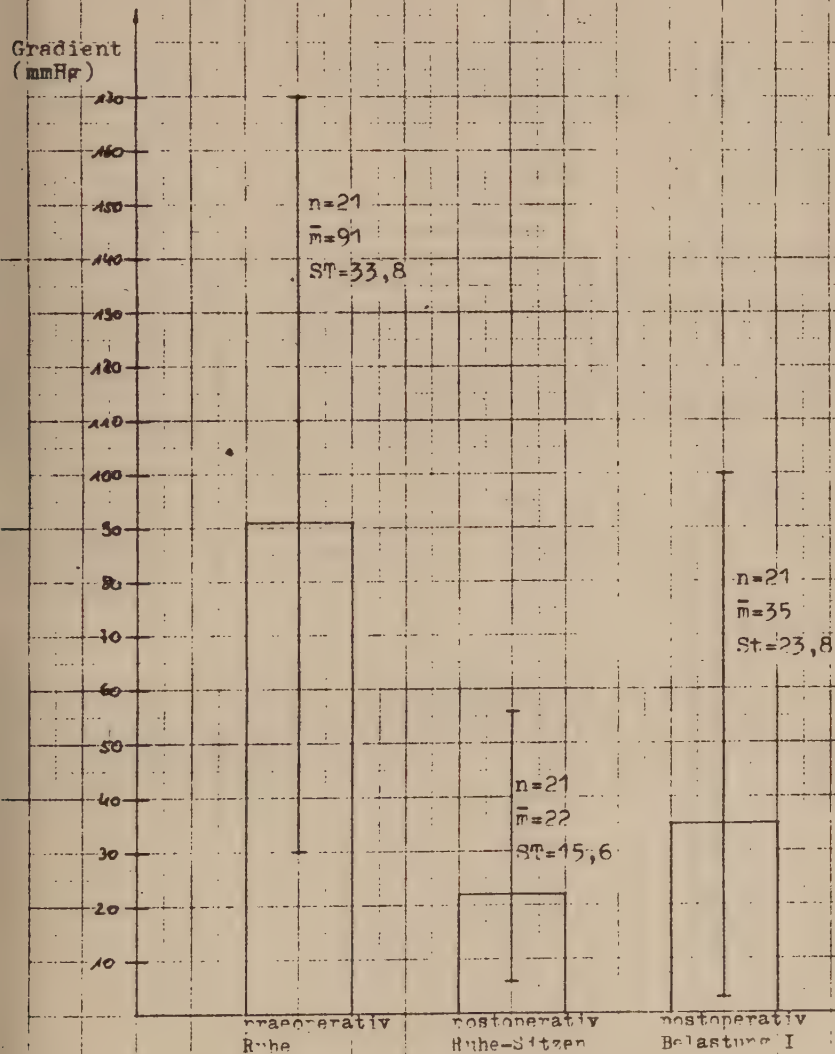


Abbildung IV: Verhalten des Druckgradienten

RV (mmHg)

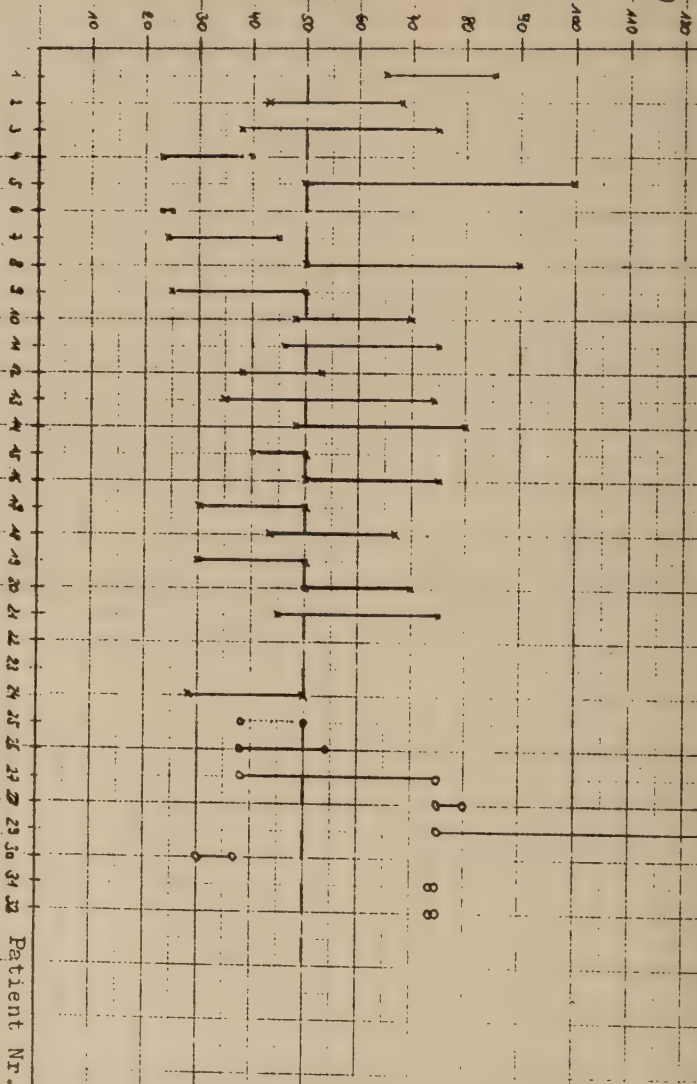


Abbildung V: Anstieg des rechtsventrikulären Drucks von Ruhe zu Belastung

SV (%LN)



Abbildung VI: Einzelwerte des Schlafvolumens in Prozent der Lungennorm

o = Patienten, operiert nach der Methode von Brock  
x = Valvotomisierte Patienten

Literaturverzeichnis

- 1) Allanby, K.D., Campbell, M.:  
Congenital pulmonary stenosis with closed ventricular septum.  
Guy's Hospital Report 98, 18 (1949)
- 2) Brock, R.:  
The surgical treatment of pulmonary stenosis.  
British Heart Journal 23, 337 (1961)
- 3) Brock, R.C.:  
Pulmonary valvulotomy for the relief of congenital valvular pulmonic stenosis: report of three cases.  
British Medical Journal 1121 (1948)
- 4) Campbell, M.:  
Natural history of congenital pulmonary stenosis.  
British Heart Journal 394 (1969)
- 5) Campbell, M., Brock R.:  
The results of valvotomy for simple pulmonary stenosis.  
British Heart Journal 17, 229 (1955)
- 6) Engle, M.A., Ito, T., Goldberg, H.P.:  
The fate of the patient with pulmonic stenosis.  
Circulation 30, 554 (1964)
- 7) Fabricius, J.:  
Isolated pulmonary stenosis.  
Thesis Copenhagen (1959)
- 8) Finnegan, P., Ihenacho, H.N.C., Singh, S.P., Abrams, L.:  
Haemodynamic studies at rest and during exercise in pulmonary stenosis after surgery.  
British Heart Journal 36, 913 (1974)
- 9) Genovese, P.D., Rosenbaum, D.:  
Pulmonary stenosis with survival to the age of 78 years  
American Heart Journal 41, 755 (1951)
- 10) Gorlin, R., Gorlin, S.G.:  
Hydraulic formula for calculation of the area of the stenotic mitral valve, other cardiac valves, and central circulatory shunts.  
American Heart Journal 41, 1 (1951)
- 11) Hessel, E.A., Dillard, D.H., Winterscheid, C.C., Merendino, K.A.:  
Surgical treatment of pulmonic stenosis with intact ventricular septum with the use of cardiopulmonary bypass.  
J. Thorac. cardiovasc. Surgery 49, 796 (1965)

- 12) Howitt, G.:  
Hemodynamic effects of exercise in pulmonic stenosis.  
British Heart Journal 28, 152 (1966)
- 13) Ikkos, D., Jonsson, B., Linderholm, H.:  
Effect of exercise in pulmonic stenosis with intact  
ventricular septum.  
British Heart Journal 28, 316 (1966)
- 14) Johnson, A.M.:  
Hypertrophic infundibular stenosis complicating  
simple pulmonary valve stenosis.  
British Heart Journal 21, 429 (1959)
- 15) Johnson, A.M.:  
Impaired exercise response and other residua of pulmonary  
stenosis after valvotomy.  
British Heart Journal 24, 375 (1962)
- 16) Jonsson, B., Lee, S.J.:  
Hemodynamic effects of exercise in isolated pulmonary  
stenosis before and after surgery.  
British Heart Journal 30, 60 (1968)
- 17) Klinner, W.:  
Die transventrikuläre Sprengung der Pulmonalklappe  
nach BROCK und SELLONS.  
Kirschner, Operationslehre Bd VI/1, 556
- 18) Lewis, J.M., Montano, A.C., Kinard, S.A., Dennis, E.W.,  
Alexander, J.K.:  
Hemodynamic response to exercise in isolated pulmonic  
stenosis.  
Circulation 29, 854 (1964)
- 19) Loogen, F., Bostroem, B., Karytsiotis, J., Kreuzer, H.,  
Varvitsiotis, T.:  
Spätergebnisse nach Operation von Pulmonalstenosen ohne  
Ventrikelseptumdefekt.  
Zeitschrift für Kreislaufforschung 53, 164 (1964)
- 20) Mocellin, R.:  
Funktionsdiagnostik des Herz-Kreislaufsystems bei gesunden  
und kranken Kindern und Jugendlichen.  
Urban u. Schwarzenberg (in Vorbereitung)
- 21) Mocellin R., Bastanier, C.:  
Zur Frage der Zuverlässigkeit der  $W_{170}$  als Maß der  
körperlichen Leistungsfähigkeit bei der Beurteilung  
von Kindern mit Herzerkrankheiten.  
Europ. J. Pediat. 122, 223 (1976)

- 22) Mocellin, R., Bastanier, C., Hofacker, W., Bühlmeier, K.:  
Exercise performance in children and adolescents after  
surgical repair of tetralogy of Fallot.  
Europ. J. Cardiol. 4, 367 (1976)
- 23) Mody, M.R.:  
The natural history of uncomplicated valvular pulmonic  
stenosis.  
American Heart Journal 90, 317 (1975)
- 24) Moller, J.H., Adams, P.:  
A simplified method for calculating the pulmonary valve  
area.  
American Heart Journal 72, 463 (1966)
- 25) Moller, J.H., Adams, P., jr.:  
The natural history of pulmonary valvular stenosis.  
Serial cardiac catheterizations in 21 children.  
American Journal of Cardiology 16, 654 (1965)
- 26) Moller, J.H., Rao, S., Lucas, R.V.:  
Exercise hemodynamics of pulmonary valvular stenosis.  
Study of 64 children.  
Circulation 46, 1018 (1972)
- 27) Moller, I., Wennevold, A., Lynborg, K.E.:  
The natural history of pulmonary stenosis.  
Cardiology 58, 193 (1973)
- 28) Motsch, K., Serfling, H.J., Bartel, J., Iwanoff, S.:  
Postoperative Untersuchungen an Kindern mit isolierter  
valvulärer Pulmonalstenose.  
Das deutsche Gesundheitswesen 12, 529 (1968)
- 29) Sellors, T.H.:  
Surgery of pulmonary stenosis: a case in which the  
pulmonary valve was successfully divided.  
Lancet I, 988 (1948)
- 30) Sinet, S.:  
Nouvelle méthode de mesure du contenu sanguin en oxygène.  
Etude comparative avec la méthode manométrique de  
Van Slyke.  
Dissertation, Paris 1973
- 31) Stone, F.M., Bessinger, B.F., Lucas, R.V., Moller, J.H.:  
Pre- and postoperative rest and exercise hemodynamics in  
children with pulmonary stenosis.  
Circulation 49, 1102 (1974)

- 32) Tandon, R., Nadas, A.S., Gross, R.E.:  
Results of open-heart surgery in patients with pulmonic stenosis and intact ventricular septum. A report of 108 cases.  
Circulation 31, 190 (1965)
- 33) Tinker, J., Howitt, G., Markmann, P., Wade, E.G.:  
The natural history of isolated pulmonary stenosis.  
British Heart Journal 27, 151 (1965)
- 34) Trautwein, W., Gauer, O.H., Koepchen, H.P.: Herz und Kreislauf  
In: Gauer, O.H., Kramer, K., Jung, R.:  
Physiologie des Menschen.  
Urban u. Schwarzenberg, München 1972
- 35) Unger, F., Deutsch, M., Domanig, E., Helmer, F., Mösslacher, H., Steinbach, K., Wimmer, M., Wolner, E.:  
Die Hämodynamik nach Korrektur isolierter Pulmonalstenosen.  
Wiener klinische Wochenschrift 85, 732 (1973)
- 36) White, P.D., Hurst J.W., Fennel, R.T.:  
Survival to the age of seventy-five years with congenital pulmonary stenosis and patent foramen ovale.  
Circulation 2, 558 (1950)
- 37) Wild, J.B., Eckstein, J.W., Van Epps, E.F., Culbertson, J.W.:  
Three patients with congenital pulmonic valvular stenosis surviving more than 75 years.  
American Heart Journal 53, 393 (1957)
- 38) Wood, P.W.:  
Diseases of the Heart and Circulation.  
Eyre and Spottiswoode, London 1956



## Lebenslauf

Ich, Bernd Kaltwasser, wurde am 6.2.1952 als Sohn des Facharztes Dr. med. Josef Kaltwasser und seiner Frau Hildegard, geb. Klöss, in Bad Reichenhall geboren. Ab 1958 besuchte ich die Volksschule in Bad Reichenhall. 1962 wechselte ich auf das dortige Karls gymnasium, an dem ich 1971 die Reifeprüfung ablegte. Zum Wintersemester 1971/72 immatrikulierte ich mich an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München, an der ich bis zum Frühjahr 1977 Humanmedizin studierte und mein zweites Staatsexamen mit Erfolg ablegte. Das praktische Jahr absolvierte ich von April 1977 bis März 1978 jeweils vier Monate im Städtischen Krankenhaus München Schwabing, zur Ausbildung in der Inneren Medizin, im Hauptkrankenhaus Augsburg im Fach Chirurgie und an der I. Universitätsklinik München im Wahlfach Gynäkologie. Im Juni 1978 schloß ich mein Studium mit dem dritten Teil des Staatsexamens ab.





